

(12) Japanese Patent Laid-Open Publication (A)
(11) Japanese Patent Laid-Open Publication Number: 2004-42399
(P2004-42399A)
(43) Laid-Open Date: January 12, 2003 (2004.2.12)
(21) Application Number: 2002-201879 (P2002-201879)
(22) Application Date: July 10, 2002 (2002.7.10)
(71) Applicant: Canon Inc. (000001007)
(72) Inventor: Shuichi Murakami, et al.

(54) [Title of the Invention] Inkjet Recording Head

(57) [Abstract]

[Object] To provide an inkjet recording head having a structure which restrains an overshoot phenomenon at a discharge port in the case of filling a nozzle with an ink and promptly restores a meniscus back to a stable state of the discharge port.

[Solution] An ink discharge nozzle 9 includes a throttle portion 9a of which a nozzle diameter is throttled at the minimum, in which the throttle portion 9a serves as a change-of-diameter point, and the nozzle diameter extending toward the change-of-diameter point from a side of an air-bubbles generating chamber 2 contracts in taper in a discharging direction but expands in taper in the discharging direction at the change-of-diameter point as a turning point. A cone angle of the expanded portion is set smaller than a contact angle of the ink with a plate member of the discharge port, whereby the ink fills the discharge nozzle up to its front end.

[Selected Drawing] FIG. 3

[Scope of Claims]

[Claim 1]

An inkjet recording head comprising: a plurality of electrothermal converting elements for generating air-bubbles in a liquid with thermal energy; a plurality of air-bubbles generating chambers in which said electrothermal converting elements are disposed; a plurality of supply paths for leading the liquid to each of said air-bubbles generating chambers; and a plurality of nozzles via which said respective air-bubbles generating chambers are communicated with the outside of said head, wherein said nozzle includes a contracted portion of which a diameter contracts in a liquid discharging direction; and an expanded portion of which a diameter expands up to a front end of said nozzle in the liquid discharging direction from a point over said contracted portion, and the liquid fills said nozzle up to the front end thereof.

[Claim 2]

An inkjet recording head according to claim 1, wherein a diameter-unchanged portion exists between said contracted portion and said expanded portion.

[Claim 3]

An inkjet recording head comprising: a plurality of electrothermal converting elements for generating air-bubbles in a liquid with thermal energy; a plurality of air-bubbles generating chambers in which said electrothermal converting elements are disposed; a plurality of supply paths for leading the liquid to each of said air-bubbles generating chambers; and a plurality of nozzles via which said respective air-bubbles generating chambers are communicated with the outside of said head in a direction intersecting a plane on which to dispose said respective electrothermal converting elements, wherein said nozzle includes a fluid control portion which controls a flow of the liquid; and an expanded portion of which a diameter expands in a liquid discharging direction from a point over said fluid control portion.

[Claim 4]

An inkjet recording head according to any one of claims 1 through 3, wherein a surface of a substrate formed with said air-bubbles generating chambers, said supply paths and said nozzles is provided with a water-repellent material, and a nozzle length, in a vertical direction of said substrate, of said expanded portion of said nozzle is larger than a thickness of said water-repellent material.

[Claim 5]

An inkjet recording head according to any one of claims 1 through 4, wherein the angle, of said expanded portion of said nozzle, to a vertical line of said substrate is smaller than the contact angle between the liquid and said substrate.

[Claim 6]

An inkjet recording head according to any one of claims 1 through 4, wherein the angle, of said expanded portion of said nozzle, to the vertical line of said substrate is equal to smaller than 30 degrees.

[Claim 7]

An inkjet recording head according to any one of claims 1 through 6, wherein a nozzle length, in the direction of the vertical line of said substrate, of said expanded portion of said nozzle is 1 μ m to 5 μ m.

[Claim 8]

An inkjet recording head comprising: a plurality of electrothermal converting elements for generating air-bubbles in a liquid with thermal energy; a plurality of air-bubbles generating chambers in which said electrothermal converting elements are disposed; a plurality of supply paths for leading the liquid to each of said air-bubbles generating chambers; and a plurality of nozzles via which said respective air-bubbles generating chambers are communicated with the outside of said head, wherein a diameter of the meniscus of the ink, which is formed at the front end of said nozzle, is larger than a minimum diameter of said nozzle.

[Claim 9]

An inkjet recording head comprising: a plurality of electrothermal converting elements for generating air-bubbles in a liquid with thermal energy; a plurality of air-bubbles generating chambers in which said electrothermal converting elements are disposed; a plurality of supply paths for leading the liquid to each of said air-bubbles generating chambers; and a plurality of nozzles via which said respective air-bubbles generating chambers are communicated with the outside of said head, wherein said nozzle includes a contracted portion of which a diameter contracts in a liquid discharging direction; and an expanded portion of which a diameter expands up to a front end of said nozzle in the liquid discharging direction from a point over said contracted portion, and the liquid fills said nozzle up to the front end thereof, and a volume of a discharge liquid droplet is determined not by an aperture diameter of the front end of said nozzle but by a minimum diameter of said nozzle.

[Claim 10]

An inkjet recording head according to any one of claims 1 through 9, wherein said expanded portion is formed by dry-etching.

[Claim 11]

An inkjet recording head according to any one of claims 1 through 10, wherein said inkjet recording head discharges the ink in a way that communicates the air-bubbles with the atmospheric air.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field of the Invention]

The present invention relates to an inkjet recording head generating ink droplets by discharging an ink and used for an inkjet recording apparatus which performs recording.

[0002]

[Description of the Prior Arts]

A printing apparatus such as a printer, a copying machine and a facsimile is constructed to print, based on image information, images consisting of dot patterns on a print medium like paper, a plastic thin plate or fabrics.

[0003]

Such a printing apparatus can be classified into an inkjet type, a wire dot type, a thermal type and a laser beam type depending on a printing method thereof.

[0004]

The inkjet type printing apparatus among these types prints (records) the image by discharging the ink onto the print medium from a print head. The inkjet type printing apparatus has advantages such as being capable of printing high-definition images, further reducing noises because of a non-impact type and, besides, facilitating the printing of color images by using multi-color inks. Particularly, an effective type in the inkjet types is a so-called bubble jet type which discharges the inks from the nozzles with air-bubbles generating energy when the inks are film-boiled by heaters.

[0005]

Moreover, the bubble jet print type entails being driven at a high frequency in order to realize a high-resolution and high-speed printing. Such being the case, a discharge portion is required to be refilled with the ink at a high speed after discharging the ink from the discharge portion of the inkjet print head.

[0006]

FIG. 13 illustrates an inkjet recording head of the bubble jet print type. As illustrated in FIG. 13, the bubble jet print head includes a heater 102 defined as the electrothermal converting element, which is provided on an upper layer of a substrate 101. Provided above the substrate 101 is a flat-plate-like flow path constructive member 107 which configures an ink air-bubbles generating chamber 103 as a spatial portion positioned above the heater 102, an ink discharge nozzle 104 for discharging the ink in a predetermined direction from the air-bubbles generating chamber 103 and an ink supply path 106 leading the ink to the air-bubbles generating chamber 103 from an ink supply chamber 105. It should be noted that a portion extending from the air-bubbles generating chamber 103 to a discharge port as an aperture via which the ink droplets are discharged to the outside of

the head is referred to as an ink discharge nozzle in the present specification.

[0007]

[Problems to be solved by the invention]

In the bubble jet print type as depicted in FIG. 13, however, at first, after discharging the ink droplets from the ink discharge nozzle 104, the meniscus is recessed as depicted in FIG. 13(a) but returns to the front end of the ink discharge nozzle 104 by dint of a capillary pressure as illustrated in FIG. 13(b), thus performing the refilling. In the case of conducting the refilling at a high speed thereat, it is known that the ink in a direction as indicated by an arrowhead in FIG. 13(b) rises in its flow velocity and, after returning to the front end of the ink discharge nozzle 104, is further overshoot with inertia thereof as illustrated in FIG. 13(c).

[0008]

Then, in the case of overshooting, if the flow velocity at that time is fast, the ink overflows from a peripheral edge of a discharge port 108, resulting in occurrence of a phenomenon that the ink is adhered to the periphery of the discharge port 108 of the surface of the flow path constructive member 107. With this phenomenon, the ink to be discharged is pulled by the adhered ink when discharged with the result that the discharging direction is deflected, or alternatively, if the adhered ink is large, the ink is not discharged as the case may be. Further, it proved from continuous examinations of the present inventors that this adhering phenomenon is easier to occur as an area of the discharge port becomes smaller. Such being the case, the inventors made the detailed examinations about a relationship with the area of the discharge port in regards to this phenomenon and found it out that the leakage is easier to occur with the smaller area of the discharge port because of a small quantity with which the overshoot ink can be retained. Namely, even in the case where the flow velocity of the ink filling the discharge port is the same, the leakage is easier to occur with the smaller area of the discharge port.

[0009]

Further, in the case of continuously reducing the volume of the liquid droplets, a dot size of the droplet on the print medium decreases, and the print resolution becomes much higher. It is, however, required that the ink be discharged at a high frequency in order to keep or further increase the print speed. The flow velocity of the ink filling the discharge port at the front end of the ink discharge nozzle is, however, required to be set faster in order to enable the ink to be discharged at the higher frequency. Then, the volume of the discharge droplet is different in the case of the convex meniscus and in the case of the concave meniscus due to the overshooting,

and a dot shape on the print medium is disturbed due to a difference in shape between a main droplet and a satellite droplet. Moreover, the case of reducing the size of liquid droplet largely affects the disturbance of the dot shape due to a scatter in volume between the main droplet and the satellite droplet on account of the smallness of the dot size.
[0010]

Further, a meniscus M has hitherto taken, as illustrated in FIG. 14(a), the concave shape at the discharge port 108. Therefore, especially in the case of reducing the size of the droplet, the volume of the discharge droplet is varied on a per discharge-port basis and is thus not stabilized.
[0011]

Moreover, in the inkjet recording head in which the whole ink discharge nozzle takes a reverse-tapered shape, the aperture diameter of the ink discharge nozzle expands toward the discharge port, and hence a pressure of the fluid by the air-bubbles generating power tends to reduce. Therefore, the discharge speed decreases, and the ink flow at the ink discharge nozzle is disturbed, resulting in a problem that the discharge becomes unstable.
[0012]

Moreover, in the case of conducting the filling of the ink at the high speed, the meniscus M at the discharge port does not invariably return horizontally but returns, because of the largeness of the horizontal flow of the ink from the side of the ink flow path, in an inclined state as illustrated in FIG. 14(b). It is therefore considered that an adverse effect occurs such as the discharge characteristic becoming unstable due to the inclined state of the meniscus just before the discharge.
[0013]

Further, for decreasing the size of the liquid droplet, a resistance of the flow in the discharging direction becomes higher as the area of the discharge port is made smaller, and, when discharged at a time interval, viscosity of the ink rises due to evaporation of the ink within the ink discharge nozzle, with the result that the first shot of discharge gets into a failure, and precision of a point-of-impact is lowered.
[0014]

It is an object of the present invention to provide, in view of the problems inherent in the prior arts described above, an inkjet recording head having a structure which restrains an overshoot phenomenon at a discharge port in the case of filling a nozzle with an ink and promptly restores a meniscus back to a stable state of the discharge port.
[0015]

[Means for solving the Problems]

A first invention for accomplishing the object described above is an inkjet recording head comprising: a plurality of

electrothermal converting elements for generating air-bubbles in a liquid with thermal energy; a plurality of air-bubbles generating chambers in which the electrothermal converting elements are disposed; a plurality of supply paths for leading the liquid to each of the air-bubbles generating chambers; and a plurality of nozzles via which the respective air-bubbles generating chambers are communicated with the outside of the head, wherein the nozzle includes a contracted portion of which a diameter contracts in a liquid discharging direction; and an expanded portion of which a diameter expands up to a front end of the nozzle in the liquid discharging direction from a point over the contracted portion, and the liquid fills the nozzle up to the front end thereof.

[0016]

In the inkjet recording head, a diameter-unchanged portion may exist between the contracted portion and the expanded portion.

[0017]

A second invention is an inkjet recording head comprising: a plurality of electrothermal converting elements for generating air-bubbles in a liquid with thermal energy; a plurality of air-bubbles generating chambers in which the electrothermal converting elements are disposed; a plurality of supply paths for leading the liquid to each of the air-bubbles generating chambers; and a plurality of nozzles via which the respective air-bubbles generating chambers are communicated with the outside of the head in a direction intersecting a plane on which to dispose the respective electrothermal converting elements, wherein the nozzle includes a fluid control portion which controls a flow of the liquid; and an expanded portion of which a diameter expands in a liquid discharging direction from a point over the fluid control portion.

[0018]

In the first and second inventions, it is preferable that a surface of a substrate formed with the air-bubbles generating chambers, the supply paths and the nozzles is provided with a water-repellent material, and a nozzle length, in a vertical direction of the substrate, of the expanded portion of the nozzle is larger than a thickness of the water-repellent material.

[0019]

Further, it is preferable that the angle, of the expanded portion of the nozzle, to a vertical line of the substrate is smaller than the contact angle between the liquid and the substrate. It is also preferable that the angle, of the expanded portion of the nozzle, to the vertical line of the substrate is equal to smaller than 30 degrees. Still further, it is preferable that a nozzle length, in the direction of the vertical line of the substrate, of the expanded portion of the nozzle is 1 μ m to 5 μ m.

[0020]

A third invention is an inkjet recording head comprising: a plurality of electrothermal converting elements for generating air-bubbles in a liquid with thermal energy; a plurality of air-bubbles generating chambers in which the electrothermal converting elements are disposed; a plurality of supply paths for leading the liquid to each of the air-bubbles generating chambers; and a plurality of nozzles via which the respective air-bubbles generating chambers are communicated with the outside of the head, wherein a diameter of the meniscus of the ink, which is formed at the front end of the nozzle, is larger than a minimum diameter of the nozzle.

[0021]

A fourth invention is an inkjet recording head comprising: a plurality of electrothermal converting elements for generating air-bubbles in a liquid with thermal energy; a plurality of air-bubbles generating chambers in which the electrothermal converting elements are disposed; a plurality of supply paths for leading the liquid to each of the air-bubbles generating chambers; and a plurality of nozzles via which the respective air-bubbles generating chambers are communicated with the outside of the head, wherein the nozzle includes a contracted portion of which a diameter contracts in a liquid discharging direction; and an expanded portion of which a diameter expands up to a front end of the nozzle in the liquid discharging direction from a point over the contracted portion, and the liquid fills the nozzle up to the front end thereof, and a volume of a discharge liquid droplet is determined not by an aperture diameter of the front end of the nozzle but by a minimum diameter of the nozzle.

[0022]

In the first through fourth inventions, the expanded portion can be formed by dry-etching. Further, it is preferable that the inkjet recording head is an inkjet recording head which discharges the ink in a way that communicates the air-bubbles with the atmospheric air.

[0023]

A most preferable mode of the present invention is that the ink discharging nozzle of the inkjet recording head is configured to include the contracted portion of which the diameter contracts in the liquid discharging direction and the expanded portion of which the diameter expands up to the front end of the nozzle in the liquid discharging direction from the point over the contracted portion, and the meniscus is formed at the front end of the nozzle by filling the nozzle with the ink up to the front end thereof. Moreover, in the configuration of the expanded portion of the nozzle, a condition for forming the meniscus at the front end of the nozzle is satisfied by setting the angle of the expanded portion of the nozzle to the vertical line of the substrate smaller than the contact angle of the ink

with the substrate.

[0024]

Thus, the nozzle has the contracted portion and the expanded portion, whereby the flow velocity of the ink is retarded when filling the nozzle with the ink after generating the air-bubbles, which prevents the overshooting. A principle thereof will be discussed. When the meniscus in the nozzle becomes concave, the meniscus does not extend to the surface of the aperture of the front end of the nozzle. Then, force of the meniscus becomes larger as a radius of curvature of the meniscus gets smaller, and a meniscus return speed increases. Such being the case, with the nozzle including the contracted portion and the expanded portion, when filling the nozzle with the ink, the radius of curvature of the meniscus gets large in a position where the nozzle diameter between the contracted portion and the expanded portion is minimized, and hence the flow velocity of the ink filling the nozzle can be decreased just before reaching the front end of the nozzle. It is therefore feasible to restrain the overshoot phenomenon at the discharge port of the front end of the nozzle, to prevent the overflow of the ink to the periphery of the discharge port and to reduce the time till meniscus vibrations return to the normal.

[0025]

Furthermore, the flow velocity at the front end of the nozzle decreases to thereby enable the inclination of the meniscus state to be reduced just before being discharged, which is effective in the scatter in the discharge characteristic.

[0026]

Moreover, the volume of the discharge liquid droplet is determined not by the aperture diameter of the front end of the nozzle but by the minimum diameter of the nozzle, i.e., a discharge quantity is determined by the portion having the minimum area within the nozzle. Hence, the diameter of the nozzle on the side of the front end is expanded as it advances in the discharging direction, thereby enabling the area of the discharge port at the front end of the nozzle to be expanded without increasing the volume of the discharge liquid droplet. It is therefore possible to discharge the small liquid droplets while increasing the ink retaining quantity when overshoot.

[0027]

Moreover, with respect to such phenomena that the first shot of discharge gets into the failure due to the evaporation from the front end of the nozzle and that the precision of the point-of-impact onto a recording medium is lowered, the effect of increasing the area of the discharge port of the front end of the nozzle can restrain the rise in viscosity of the ink of the front end of the nozzle and can improve

the discharge performance more than by the prior arts.

[0028]

[Embodiments of the Invention]

Embodiments of the present invention will hereinafter be described with reference to the drawings.

[0029]

(First Embodiment)

FIG. 1 is a perspective view of an inkjet recording head according to a first embodiment of the present invention. FIG. 2 shows a section taken along the line A-A' in FIG. 1. Note that FIGS. 1, 2 and other drawings do not illustrate electric wirings for driving electrothermal converting elements. For example, a substrate 34 is used, which is composed of glass, ceramics, plastic or a metal. A material of the substrate 34 is neither essential to the present invention nor particularly limited if capable of functioning as a part of a flow path constructive member and functioning as a discharge energy generating element, as an ink flow path that will be described later on and as a support member of a material layer which forms an ink discharge port. This being the case, the first embodiment will discuss a case of using an Si substrate (wafer). As illustrated in FIG. 2, one surface of the substrate 34 is formed with an electrothermal converting element 1 serving as a thermal energy generating means acting on the discharge of the ink and with an ink supply port 3 taking an elongate rectangular shape. The ink supply port 3 is an aperture of an ink supply chamber 4, which is constructed of an elongate groove-like through-hole formed in the substrate 34. The electrothermal converting elements 1 are arranged on a per 256-pieces basis for one line on both sides in a longitudinal direction of the ink supply port 3, in which totally 512 pieces of electrothermal converting elements 1 are arranged in zigzag in two lines at pitches of 600 dpi as an interval between the electrothermal converting elements 1. Further, one surface of the substrate 34 is provided with a flow path constructive member 7, and a discharge port plate 8 is joined onto this flow path constructive member 7. The flow path constructive member 7 is formed with a plurality of ink supply paths 5 which lead inks supplied from the ink supply ports 3 to air-bubbles generating chambers 2 above the respective electrothermal converting elements 1. The discharge port plate 8 is formed with an ink discharge nozzle 9 so that the air-bubbles generating chamber 2 of the flow path constructive member 7 communicates with the outside. An aperture of the front end of the ink discharge nozzle 9, which is exposed from the surface of the discharge port plate 8, serves as an ink droplet discharge port 26.

[0030]

FIG. 3(a) is a front view of the discharge portion formed

in the inkjet recording head in the first embodiment. FIG. 3(b) is a sectional view of the discharge portion cut off via the discharge port and the ink flow path in FIG. 3(a). FIG. 3(c) is a sectional view in a state of filling the nozzle with the ink up to the discharge port in FIG. 3(b). FIG. 3(d) is a sectional view depicting a modified example of the ink discharge nozzle in FIG. 3(b).

[0031]

In the recording head of the present invention, as illustrated in FIGS 3(b) - 3(d), the ink discharge nozzle 9 includes a contracted portion (which is also referred to as a fluid control portion) of which a diameter contracts in a liquid discharging direction and an expanded portion (also called a reverse-tapered portion) of which a diameter expands up to the front end of the nozzle in the liquid discharging direction from a point over the contracted portion. A reference symbol 9a represents a throttle portion 9a of which the nozzle diameter is throttled at the minimum. More specifically, this throttle portion 9a is set as a change-of-diameter point, in which the nozzle diameter extending toward the change-of-diameter point from the side of the air-bubbles generating chamber 2 contracts in taper in the discharging direction but expands in taper in the discharging direction over a boundary of this change-of-diameter point. The fluid control portion has a function of concentrating a flow of the fluid within the nozzle toward the discharge port, which is caused by generating the air-bubbles.

[0032]

Note that the discharge port plate and the flow path constructive member are not separate members but the same member as illustrated in FIG. 2, however, the same effect is acquired by the separate members. Further, the electrothermal converting element 1 is 18 μ m in square. A height of the ink flow path 5 is on the order of 10 μ m, a thickness of the discharge port plate 8 serving also as the flow path constructive member is 10 μ m, and an aperture diameter of the nozzle is 7 μ m at the throttle portion 9a defined as the change-of-diameter point of the ink discharge nozzle 9.

[0033]

Moreover, with respect to the portion (the reverse-tapered portion), extending in the discharging direction at the boundary of the throttle portion 9a, of the ink discharge nozzle 9, a depth of the discharge port plate 8 in the direction of the vertical line is 3 μ m, and a taper angle of the discharge port plate 8 from the vertical line is 20 degrees because of the ink contact angle being 30 degrees. Further, with respect to the portion (the fluid control portion) also, on the side of the air-bubbles generating chamber 2 at the boundary of

the throttle portion 9a, of the ink discharge nozzle 9, the taper angle of the discharge port plate 8 from the vertical line is 20 degrees. Thus, the taper angle is set smaller than the contact angle of the ink with the discharge port plate member, whereby the nozzle is, as illustrated in FIG. 3(c), filled with the ink up to the front end of the ink discharge nozzle. Namely, the meniscus returns up to the front end of the nozzle. Then, the diameter (the aperture diameter of the front end of the nozzle) of the discharge port 26 of the surface of the discharge port plate 8 becomes approximately 9 μ m.

[0034]

The first embodiment takes a discharge method (which is a so-called bubble-through method) by which the air-bubbles generated when film-boiling the ink with the electrothermal converting element 1 communicate with the atmospheric air through the ink discharge nozzle 9.

[0035]

The inventors made detailed examinations about the inkjet recording head having this type of discharge portion, as a result of which it was confirmed according to the nozzle shape of the present invention that a volume of a liquid droplet discharged from the discharge port of the ink discharge nozzle 9 when generating the air-bubbles is determined not by an aperture diameter (a diameter of the discharge port) of the front end of the nozzle but by a minimum diameter (a diameter of the throttle portion 9a) of the nozzle. Further, only a part of the portion on the side of the front end of the nozzle is formed as the reverse-tapered portion having the dimension described above. With this contrivance, the stable discharge is obtained without instability of the discharge because of entering the reverse-tapered area after a fluid pressure necessary for discharging the ink sufficiently has increased owing the generation of the air-bubbles of the ink.

[0036]

Further, in the observation of the overshoot phenomenon of the meniscus when refilling the ink discharge nozzle 9 with the ink, the convex meniscus protruding from the discharge portion 26 of the front end of the nozzle having the conventional nozzle configuration depicted in FIG. 13 can be clearly observed but is hardly perceptible in the first embodiment.

[0037]

Actually, as illustrated in FIG. 4, the maximum generation of the air-bubbles occurs in FIG. 4(a), and the meniscus returns toward the front end of the nozzle for the refilling of the ink in FIGS. 4(b) and 4(c). Especially in FIG. 4(b), a radius of curvature of the meniscus rises from the contact angle of the ink with the material of the discharge port plate 8, and a capillary pressure increases. Further, in FIG. 4(c),

the radius of curvature of the meniscus decreases, and the capillary pressure is reduced. In the returning process of the meniscus for the filling of the ink, the radius of curvature of the meniscus increases at the throttle portion 9a of the ink discharge nozzle 9, and hence the flow velocity of the ink filling the ink discharge nozzle 9 can be lowered just before reaching the front end of the ink discharge nozzle 9. Therefore, it is feasible to restrain the overshoot phenomenon at the discharge port of the front end of the nozzle, to prevent the overflow of the ink to the periphery of the discharge port 26 and to reduce the period of time till the meniscus vibrations return to the normal. Further, the flow velocity decreases at the front end of the nozzle, thereby enabling the inclination of the meniscus state to be reduced just before being discharged. In the conventional inkjet recording head, the overflow of the ink occurs when driven at 30kHz. By contrast, the occurrence of the overflow of the ink can be restrained even when driven at 60kHz, and a preferable discharge characteristics are acquired.

[0038]

Moreover, in the first embodiment, the nozzle depth of the portion (the fluid control portion) extending to the throttle portion 9a from the side of the air-bubbles generating chamber in the ink discharge nozzle 9 is set to 7 μ m, however, the same effect is acquired in such a configuration that the nozzle depth is set to 5 μ m, the reverse-tapered portion is set to 3 μ m, and a rectilinear portion 9b with the nozzle diameter remaining unchanged is formed 2 μ m long as illustrated in FIG. 3(d).

[0039]

(Second Embodiment)

FIG. 5(a) is a sectional view of the discharge portion, of the inkjet recording head in a second embodiment of the present invention, cut off via the discharge port and the ink flow path. FIG. 5(b) is an enlarged view in the vicinity of the front end of the ink discharge nozzle in FIG. 5(a). FIG. 5(c) illustrates a modified example of the ink discharge nozzle in FIG. 5(a). The following discussion will be focused on different points from the first embodiment.

[0040]

In the second embodiment also, as illustrated in FIGS. 5(a) and 5(c), the ink discharge nozzle 9 includes the contracted portion (which is also referred to as the fluid control portion) of which the diameter contracts in the liquid discharging direction and the expanded portion (also called the reverse-tapered portion) of which the diameter expands up to the front end of the nozzle in the liquid discharging direction from the point over the contracted portion. The reference symbol 9a represents the throttle portion 9a of

which the nozzle diameter is throttled at the minimum. More specifically, this throttle portion 9a is set as the change-of-diameter point, in which the nozzle diameter extending toward the change-of-diameter point from the side of the air-bubbles generating chamber 2 contracts in taper in the discharging direction but expands in taper in the discharging direction over the boundary of this change-of-diameter point. A difference as compared with the first embodiment is, however, a configuration of the portion (the fluid control portion) of the ink discharge nozzle 9, which extends from the side of the air-bubbles generating chamber 2 toward the change-of-diameter point.

[0041]

In the second embodiment, the aperture diameter, on the side of the air-bubbles generating chamber 2, of the ink discharge nozzle 9 is formed larger than the aperture diameter (which is the diameter of the discharger port 26 of the surface of the discharge port plate 8) of the front end of the ink discharge nozzle 9. The depth of the fluid control portion of the ink discharge nozzle 9 is $7\mu\text{m}$ thick, the aperture diameter, on the side of the air-bubbles generating chamber 2, of the fluid control portion is $20\mu\text{m}$, and the taper angle of the fluid control portion as depicted in FIG. 5(a) is set to 20 degrees to the vertical line of the discharge port plate 8. Hence, the aperture diameter, on the side of the discharge port plate, of the fluid control portion is $15\mu\text{m}$. Further, the portion (the reverse-tapered portion), extending in the discharging direction at the boundary of the throttle portion 9a, of the ink discharge nozzle 9 is formed $3\mu\text{m}$ in depth, and the taper angle of the reverse-tapered portion is 20 degrees to the vertical line of the discharge port plate 8.

[0042]

Moreover, as illustrated in FIG. 5(b), the surface of the discharge port plate 8 undergoes a water-repellent treatment, and a water-repellent material 10 applied on the plate surface is $0.5\mu\text{m}$ in layer thickness. The surface of the discharge port plate is subjected to this water-repellent treatment, and hence an inside portion of the front end of the nozzle has a water-repellent area corresponding to the thickness thereof.

[0043]

In the configuration such as this, unless the thickness of the reverse-tapered portion in the discharge port plate 8 is larger than the thickness of the water-repellent material 10, the ink does not return to the reverse-tapered portion, and therefore the thickness is set to $3\mu\text{m}$.

[0044]

As depicted in FIG. 5, an edge angle made by the fluid control portion and a side wall of the reverse-tapered portion

is large as compared with the first embodiment, and hence, when the liquid moves to the reverse-tapered portion from the fluid control portion, the flow velocity abruptly becomes lower than in the first embodiment, with the result that a larger effect than in the first embodiment is obtained.

[0045]

It is observed from the examinations made by the present inventors that in the conventional configuration including the discharge nozzle of which the front end is not reverse-tapered, the time expended for refilling the front end of the discharge nozzle with the ink is approximately $1\mu\text{s}$. By contrast, in the nozzle configuration of the present invention, a period of time of about $2\mu\text{s}$ can be expended, and the flow velocity can be reduced down to about $1/2$. Thus, only the front end of the discharge nozzle is formed in the reverse-tapered shape, whereby the return speed of the meniscus can be decreased simply by retarding the time of merely last several microseconds (μs) of the entire period of time for refilling the discharge nozzle to the front end with the ink.

[0046]

Furthermore, in the second embodiment, the nozzle depth of the fluid control portion in the ink discharge nozzle 9 is set to $7\mu\text{m}$, however, the same effect is acquired in such a configuration that the nozzle depth is set to $5\mu\text{m}$, the reverse-tapered portion is set to $3\mu\text{m}$, and the rectilinear portion 9b with the nozzle diameter remaining unchanged is formed about $2\mu\text{m}$ long as illustrated in FIG. 5(d).

[0047]

(Third Embodiment)

FIG. 6 is a sectional view of a portion vicinal to the discharge portion of the inkjet recording head in a third embodiment of the present invention, which is cut along the ink flow path. In a mode depicted in FIG. 6, the basic configuration is the same as that of the second embodiment, however, a different point is that the taper angle of the reverse-tapered portion is set to 26 degrees to the vertical line of the discharge port plate 8, thus getting further approximate to 30 degrees defined as the contact angle of the ink with the discharge port plate. With this configuration, in the pre-discharge shape of the meniscus formed at the front end of the discharge nozzle, the concave shape gets moderate, the meniscus shape in every discharge nozzle is stabilized, and the scatter in discharge volume is reduced.

[0048]

(Other Embodiments)

A method of manufacturing the discharge portion of the thus-configured inkjet recording head will hereinafter be

briefly described with reference to the FIGS. 7 - 11. Note that FIGS 8 - 11 show manufacturing steps in separation for the convenience's sake, and the respective steps consecutively continue to the sequence in the drawings.
[0049]

The method of manufacturing the inkjet recording head described above involves executing a first step of forming an element substrate 34 formed with the electrothermal converting element 1 and the electric wiring, a second step of respectively forming an upper resin layer 41 and a lower resin layer 42 which build up the ink supply path, the air-bubbles generating chamber and the ink discharge nozzle, a third step of forming a desired pattern serving as a part of the ink discharge nozzle on the upper resin layer 41 and forming the inclination on the side surface of this resin layer pattern, and a fourth step of forming desired patterns serving as the air-bubbles generating chamber and the ink supply path on the lower resin layer 42.
[0050]

Further, the inkjet recording head manufacturing method involves executing a fifth step of forming a coating resin layer 43 serving as the discharge port plate 8 on the upper resin layer 41 and the lower resin layer 42, a sixth step of forming a remaining portion of the ink discharge nozzle on the coating resin layer 43, a seventh step of forming the through-hole serving as the ink supply chamber 4 on the element substrate 34, and an eighth step of eluting the upper resin layer 41 and the lower resin layer 42, thus manufacturing the inkjet recording head. It should be noted that the inkjet recording head has the same structure as the structure illustrated in FIG. 2, however, the discharge port plate is not the member separate from the flow path constructive member but is composed of the same member as the flow path constructive member.
[0051]

The first step is a substrate forming step of forming the element substrate 34 by providing heaters as the plurality of electrothermal converting elements 1 and arranging predetermined wires for applying voltages to these heaters by a patterning process etc on, e.g., the Si chip. At this time, as illustrated in FIG. 8(a), a polysilicon layer 52 is formed with a desired pattern on the surface of a Si substrate 51, and further a surface polyether amide layer 54 as a high refractory plastic coating material is formed with a desired pattern via a membrane film 53. Moreover, an undersurface of the Si substrate 51 is formed with a silicon oxide layer 55, and further an undersurface polyether amide layer 56 defined as the high refractory plastic coating material is formed with a desired pattern.

[0052]

The second step is a coating step of, as illustrated in FIGS. 7(a), 7(b), 8(b) and 9(a), consecutively coating the lower resin layer 42 and the upper resin layer 41 each soluble with breakdown of coupling within molecules by a spin coating method in a way that irradiates the element substrate 34 with Deep-UV (ultraviolet) rays (which will hereinafter be abbreviated to DUV rays) as the ultraviolet rays having a wavelength of 330nm or under. In this coating step, a thermal bridging type of resin material based on dehydration condensation reaction is employed as the lower resin layer 42, thereby preventing mutual fusion between the respective resin layers of the lower resin layer 42 and the upper resin layer 41 when coating the upper resin layer 41 by the spin coating method.

[0053]

The lower resin layer 42 involves using a liquid obtained by dissolving, with a cyclohexanone solvent, a dual copolymer (P(MMA-MAA)=90:10) polymerized by radical-polymerizing, e.g., methylmethacrylate (MMA) with methacrylic acid (MAA). Note that (P(MMA-MAA) is an abbreviation of [Poly (methyl methacrylate-methacrylic acid)]. Further, the upper resin layer 41 involves using a liquid obtained by dissolving, e.g., polymethyl isopropenyl ketone (PMIPK) with the cyclohexanone solvent. The dual copolymer (P(MMA-MAA) used as the lower resin layer forms a thermal bridging film by the dehydration condensation reaction. This dehydration condensation reaction enables a more solid bridging film to be formed by heating at 180°C to 200°C for 30 minutes to 2 hours. Incidentally, this bridging film is of a solvent-insoluble type but causes decomposition reaction upon being irradiated with electron beams such as the DUV rays, with the result that the low-molecularization advances and only the partial bridging film irradiated with the electron beams becomes solvent-soluble.

[0054]

In this example, after P(MMA-MAA) has been applied as the lower resin layer 42 on the element substrate 34 by the spin coating method, the P(MMA-MAA) is heated at 200°C for 60 min. Further, after PMIPK(ODUR1010A) has been coated as the upper resin layer 41 by the spin coating method, the PMIPK(ODUR1010A) is heated at 140°C for 10 min. At this time, the lower resin layer is the thermal bridging type resist and does not therefore cause compatibility (mutual solubility) with the upper resin layer.

[0055]

The third step is, as illustrated in FIGS. 7(c) and 9(b), a pattern forming step of forming a desired pattern becoming a part of the ink discharge nozzle on the upper resin layer 41 by fitting a filter for intercepting the DUV rays of which

a wavelength is less than 260nm to an exposure apparatus (unillustrated) which irradiates the DUV rays having the wavelength in the vicinity of 290nm, then irradiating Near-UV rays (which will hereinafter be abbreviated to NUV rays) having a wavelength in the vicinity of 260nm to 330nm by use of a wavelength selecting means which transmits only the wavelengths equal to or higher than 260nm, and exposing the upper resin layer 41 via a mask 57 and developing the exposed area.

[0056]

In the third step, when forming the desired pattern on the upper resin layer 41, the upper resin layer 41 and the lower resin layer 42 have a difference equal to or larger than approximately 40:1 as a ratio of sensitivity to the NUV rays having the wavelength in the vicinity of 260nm through 330nm, and hence the lower resin layer 42 is neither photo-sensitized nor decomposed as the P(MMA-MAA). Further, the lower resin layer 42 is the thermal bridging film and is not therefore dissolved in a developer when developing the upper resin layer 41.

[0057]

In the fourth step, as illustrated in FIGS. 7(d) and 9(b), the upper resin layer 41 undergoing the development and the pattern formation is heated at 140°C for 5 min to 20 min, thereby enabling the inclination of 10° to 40° to be formed on the side surface of the upper resin layer 41. An angle of this inclination has a correlation with the volume (the shape, the thickness) of the thus-formed pattern, the heating temperature and the time, and can be controlled to a designated angle within the range of the angles described above.

[0058]

The fifth step is, as depicted in FIGS. 7(e), 7(f) and 10(a), a pattern forming step of forming desired patterns becoming the air-bubbles generating chamber and the ink supply path on the lower resin layer 42 by irradiating the DUV rays having the wavelength of 210nm to 330nm with the exposure apparatus described above, then exposing the lower resin layer 42 defined as a positive type resist via the mask 57 and developing the exposed areas. Moreover, the P(MMA-MAA) material used for the lower resin layer 42 enables formation of a trench structure having a high resolution and having the inclination angle of the side wall that is on the order of 0° to 5° even with the thickness of about 5µm to 20µm.

[0059]

Further, if necessary, the lower resin layer 42 is, after being subjected to patterning, heated at 120° to 140°, whereby a further inclination can be formed also on the side wall of the lower resin layer 42.

[0060]

The sixth step is a coating step of coating, as shown in FIG. 10(f), the transparent coating resin layer 43 becoming the discharge port plate on the upper resin layer 41 and the lower resin layer 42 formed with the desired patterns including some portions of the air-bubbles generating chamber and the discharge nozzle in the steps executed so far and each soluble with the breakdown of the bridge coupling within the molecules due to the DUV rays.

[0061]

The seventh step involves, as shown in FIG. 10(f), coating the water-repellent layer 58 on the coating resin layer 43, irradiating the water-repellent layer 58 and the coating resin layer 43 with the UV rays by use of the exposure apparatus (unillustrated), thus exposing a portion 59 corresponding to the front end of the discharge nozzle to the UV rays, developing the exposed portion 59 and removing it to thereby form the discharge port plate 8. It is desirable that an inclination of the side wall of the portion 50 of the front end of the nozzle, which is formed in the discharge port plate 8, is formed, if possible, in the vicinity of 0° to the plane on which the liquid droplet is orthogonal to the main surface of the element substrate 34. Further, if on the order of 0° to 10° , a large problem does not arise with respect to the discharge characteristic of the liquid droplet.

[0062]

In the seventh step, as shown in FIG. 11(a), the discharge port plate 8 is coated with an anti-etching material and is thus protected, and the undersurface of the element substrate 34 undergoes a chemical etching treatment etc, thereby forming the through-hole becoming the ink supply chamber 4 in the element substrate 34. The chemical etching treatment to be applied is exemplified by an anisotropic etching treatment using a strong alkali solution (KOH, NaOH, TMAH).

[0063]

The eighth step involves, as illustrated in FIG. 11(b), eluting respectively the upper resin layer 41 and the lower resin layer 42 defined as mold materials of the ink discharge nozzle 9 and the ink supply path 5, which are positioned between the element substrate 34 and an orifice substrate 8, by irradiating the DUV rays having the wavelength of 330nm or under from the side of the main surface of the element substrate 34 in a way that transmits the coating resin layer 43. Through this step, such a chip is obtained that the ink discharge nozzle 9 via which the discharge port 26 communicates with the air-bubbles generating chamber 2 includes the fluid control portion taking a shape that the nozzle diameter contracts in the discharging direction. This chip is electrically connected to a wiring board (unillustrated) for driving the heater, thereby acquiring the inkjet recording

head.

[0064]

Note that according to the inkjet recording head manufacturing method discussed above, the upper resin layer 41 and the lower resin layer 42 each soluble with the breakdown of the bridge coupling within the molecules due to the DUV rays are further hierarchically structured in a thicknesswise direction of the element substrate 34, thereby making it feasible to provide the fluid control portion formed in a three-or-more-staged configuration within the ink discharge nozzle 9. For example, a multi-staged nozzle structure can be built up on the side of a further upper layer of the upper resin layer 41 by use of the resin material having the sensitivity to the light having the wavelength of 400nm or above.

[0065]

The recording head manufacturing method according to the embodiment is basically, it is preferable, pursuant to the recording head manufacturing method in which the inkjet recording methods disclosed in Japanese Patent Laid-Open Publication No. H04-10940 and Japanese Patent Laid-Open Publication No. H04-10941 serve as ink discharging means. These respective Publications disclose the ink droplet discharging methods in the configuration of communicating the air-bubbles generated by the heater with the atmospheric air and also disclose the inkjet recording heads capable of discharging the ink droplets of which a quantity is as minute as, e.g., 5pl or under.

[0066]

Moreover, the reverse-tapered portion of the front end of the ink discharge nozzle 9 is formed by dry-etching the portion becoming the discharge port of the coating resin layer 43 shown in FIG. 10. For example, as illustrated in FIG. 12, a resist pattern becoming a mask 61 for the dry etching for the reverse-tapered portion is coated over an etching target film 60. A sectional shape of this resist pattern is a taper shape in which an upper edge portion of a resist aperture is larger than a lower edge portion thereof. If the mask of such a pattern shape is used, a resist taper portion is recessed by the dry etching, thereby forming a tapered hole in sectional shape in the etching target film 60. Namely, the sectional shape of the hole formed by the dry etching can be, similarly to the sectional shape of the resist pattern used for the mask 61, formed such as: the hole upper edge portion < the hole lower edge portion.

[0067]

Incidentally, for forming the mask 61 described above, the sectional shape of a positive resist pattern can be formed as the sectional shape having such a taper shape as to establish

a relation of the upper edge portion of the positive resist aperture < the lower edge portion of the positive resist aperture if a focus when exposed and a developing condition are adjusted by use of the positive resist for the mask pattern.
[0068]

[Effect of the Invention]

As discussed above, the present invention has the configuration in which the nozzle discharging the ink of the inkjet recording head is constructed to include the contracted portion of which the diameter contracts in the discharging direction and the expanded portion of which the diameter expands up to the front end of the nozzle in the liquid discharging direction from the point over the contracted portion, and the meniscus is formed at the front end of the nozzle by filling the nozzle with the ink up to the front end thereof. With this configuration, when filling the nozzle with the ink, the radius of curvature of the meniscus increase at the portion where the nozzle diameter is minimized between the contracted portion and the expanded portion, and hence the flow velocity of the ink filling the nozzle can be decreased just before reaching the front end of the nozzle.

[0069]

Therefore, the overshoot phenomenon at the discharge port of the front end of the nozzle is restrained, thereby enabling the prevention of the deflection of the discharging direction and the failure in discharging due to the ink leakage to the periphery of the discharge port. Moreover, because of restraining the overshoot phenomenon, an amplitude of the meniscus vibrations reduces, and the time for which the vibrations returns to the normal is decreased, thereby enabling the drive to be done at the higher frequency. Even when increasing the speed of filling the nozzle with the ink for the necessity of performing the discharge drive at the higher frequency in order to form the smaller liquid droplets, the meniscus vibrations returns fast to the normal as described above, and hence the small liquid droplet head also can discharge the liquid droplets with the stable volume. Further, the flow velocity at the front end of the nozzle decreases, whereby the inclination of the meniscus state can be reduced just before being discharged, which is effective in the scatter in discharge characteristics.

[0070]

Moreover, because of the volume of the discharge liquid droplet being determined not by then aperture diameter of the front end of the nozzle but by the minimum diameter of the nozzle, the diameter of the front end of the nozzle expands in the discharging direction, whereby the area of the discharge port at the front end of the nozzle can be expanded without increasing the volume of the discharge liquid droplet. Therefore, the

small liquid droplets can be discharged while increasing the retaining quantity of the ink when overshoot.

[0071]

Moreover, with respect to the phenomenon that the first shot of discharge gets into the failure and precision of the point-of-impact is lowered, owing to the effect of the increases area of the discharge port at the front end of the nozzle, it is feasible to restrain the rise in viscosity of the ink at the front end of the nozzle and to improve the discharge performance to a greater degree than by the prior arts.

[Brief Description of the Drawings]

[FIG. 1] A perspective view of an inkjet recording head according to a first embodiment of the present invention.

[FIG. 2] A sectional view taken along the line A-A' in FIG. 1.

[FIG. 3(a)] A front view of a discharge portion formed in the inkjet recording head in the first embodiment; [FIG. 3(b)]

A sectional view of the discharge portion cut off via the discharge port and an ink flow path in FIG. 3(a); [FIG. 3(c)]

A sectional view in a state of filling a nozzle with an ink up to the discharge port in FIG. 3(b); [FIG. 3(d)]

A sectional view depicting a modified example of an ink discharge nozzle in FIG. 3(b).

[FIG. 4] A sectional view depicting an ink flow from generation of air-bubbles through the filling of the ink in the discharge portion of the inkjet recording head in the first embodiment.

[FIG. 5(a)] A sectional view of the discharge portion, of the inkjet recording head in a second embodiment of the present invention, cut off via the discharge port and the ink flow path; [FIG. 5(b)] An enlarged view in the vicinity of the front end of the ink discharge nozzle in FIG. 5(a); [FIG. 5(c)]

A sectional view showing a modified example of the ink discharge nozzle in FIG. 5(a).

[FIG. 6] A sectional view of the inkjet recording head in a third embodiment, which is cut along the discharge portion and the ink flow path.

[FIG. 7] A diagram of steps for explaining an example of manufacturing the discharge portion of the inkjet recording head of the present invention.

[FIG. 8] A diagram of the steps for explaining the example of manufacturing the discharge portion of the inkjet recording head of the present invention.

[FIG. 9] A diagram of the steps for explaining the example of manufacturing the discharge portion of the inkjet recording head of the present invention.

[FIG. 10] A diagram of the steps for explaining the example of manufacturing the discharge portion of the inkjet recording

head of the present invention.

[FIG. 11] A diagram of the steps for explaining the example of manufacturing the discharge portion of the inkjet recording head of the present invention.

[FIG. 12] A diagram of the steps showing an example of forming a reverse-tapered portion of the front end of the ink discharge nozzle of the inkjet recording head of the present invention.

[FIG. 13] A sectional view showing a configuration of the discharge portion of a conventional inkjet recording head and an ink flow from the generation of the air-bubbles of the ink to the filling of the ink.

[FIG. 14] A sectional view showing a meniscus state at the discharge port of the conventional inkjet recording head.

[Description of the Reference Numerals and Symbols]

- 1 electrothermal converting element
- 2 air-bubbles generating chamber
- 3 ink supply port
- 4 ink supply chamber
- 5 ink supply path
- 7 flow path constructive member
- 8 discharge port plate
- 9 discharge port nozzle
- 9a throttle portion
- 9b rectilinear portion
- 10 water-repellent material
- 26 discharge port
- 34 element substrate
- 41 upper resin layer
- 42 lower resin layer
- 51 Si substrate
- 52 polysilicon layer
- 53 membrane film
- 54 surface polyether amide layer
- 55 silicon oxide layer
- 56 undersurface polyether amide layer
- 57 mask
- 58 water-repellent layer
- 59 portion becoming discharge port
- 60 etching target film
- 61 mask

12/21

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-42399

(P2004-42399A)

(43) 公開日 平成16年2月12日(2004.2.12)

(51) Int.Cl.⁷B 4 1 J 2/05
B 4 1 J 2/16

F I

B 4 1 J 3/04 1 0 3 B
B 4 1 J 3/04 1 0 3 H

テーマコード(参考)

2 C 0 5 7

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2002-201879 (P2002-201879)
(22) 出願日 平成14年7月10日(2002.7.10)(特許庁注: 以下のものは登録商標)
バブルジェット(71) 出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人 100088328
弁理士 金田 暢之
(74) 代理人 100106297
弁理士 伊藤 克博
(74) 代理人 100106138
弁理士 石橋 政幸
(72) 発明者 村上 修一
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内
(72) 発明者 富澤 恵二
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内

最終頁に続く

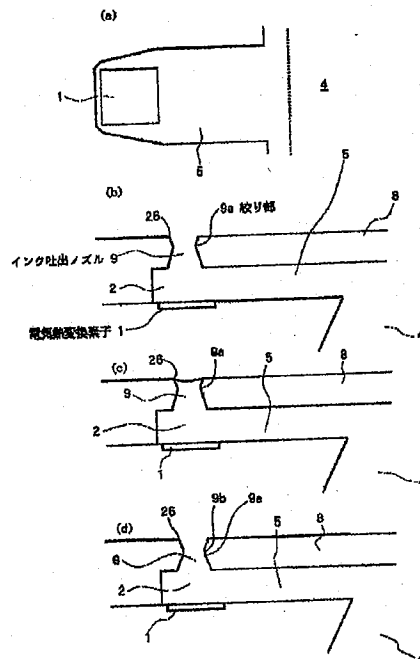
(54) 【発明の名称】 インクジェット記録ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 ノズルへのインク充填を行う場合の吐出口でのオーバーシュート現象を抑制し、吐出口に安定した状態のメニスカスを速やかに復帰させる構造を有するインクジェット記録ヘッドを提供する。

【解決手段】 インク吐出ノズル9は、ノズル径が最小に絞られた絞り部9aを有し、この絞り部9aを径の変極点とし、発泡室2側から変極点に向かうまでのノズル径はテーパ状に吐出方向に縮小し、変極点を境にして吐出方向にノズル径がテーパ状に広がっている。この広がっている部分のテーパ角度をインクと吐出口プレート部材との接触角より小さくすることにより、インクはインク吐出ノズルの先端まで充填される。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項1】

熱エネルギーにより液体に気泡を発生させるための複数の電気熱変換素子と、前記電気熱変換素子が配置された複数の発泡室と、前記各発泡室に液体を導くための複数の供給路と、前記各発泡室をヘッド外部に連通させる複数のノズルとを有するインクジェット記録ヘッドにおいて、

前記ノズルは、液体の吐出方向に径が縮小している縮小部と、液体の吐出方向に径が前記縮小部を越えてからノズル先端まで広がっている広がり部とを有し、前記ノズルの先端まで前記液体が充填されることを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

【請求項2】

前記縮小部と前記広がり部の間に径の変わらない部分がある、請求項1に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項3】

熱エネルギーにより液体に気泡を発生させるための複数の電気熱変換素子と、前記電気熱変換素子が配置された複数の発泡室と、前記各発泡室に液体を導くための複数の供給路と、前記各電気熱変換素子の配置面と交差する方向に前記各発泡室をヘッド外部に連通させる複数のノズルとを有するインクジェット記録ヘッドにおいて、

前記ノズルは、液流を制御する流体制御部と、液体の吐出方向に径が前記流体制御部を越えてからノズル先端まで広がっている広がり部とを有することを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

【請求項4】

前記発泡室、前記供給路および前記ノズルを形成する基板の表面に撥水材が設けられており、

前記ノズルの広がり部の、前記基板の垂線方向のノズル長さが、前記撥水材の厚みよりも厚い、請求項1乃至3のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項5】

前記基板の垂線に対する前記ノズルの広がり部の角度は液体と前記基板の接触角よりも小さい、請求項1乃至4のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項6】

前記基板の垂線に対する前記ノズルの広がり部の角度は30度以下である、請求項1乃至4のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項7】

前記ノズルの広がり部の、前記基板の垂線方向のノズル長さが1～5μmである、請求項1乃至6のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項8】

熱エネルギーにより液体に気泡を発生させるための複数の電気熱変換素子と、前記電気熱変換素子が配置された複数の発泡室と、前記各発泡室に液体を導くための複数の供給路と、前記各発泡室をヘッド外部に連通させる複数のノズルとを有するインクジェット記録ヘッドにおいて、

前記ノズルの先端に張られるインクのメニスカスの径が前記ノズルの最小径よりも大きいことを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

【請求項9】

熱エネルギーにより液体に気泡を発生させるための複数の電気熱変換素子と、前記電気熱変換素子が配置された複数の発泡室と、前記各発泡室に液体を導くための複数の供給路と、前記各発泡室をヘッド外部に連通させる複数のノズルとを有するインクジェット記録ヘッドにおいて、

前記ノズルは、液体の吐出方向に径が縮小している縮小部と、液体の吐出方向に径が前記縮小部を越えてからノズル先端まで広がっている広がり部とを有し、前記ノズルの先端の開口径でなく、ノズルの最小径によって吐出液滴の体積が決まることを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

【請求項10】

前記広がり部はドライエッチングで形成されている、請求項1乃至9のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項11】

前記気泡を大気に連通させてインクを吐出するインクジェット記録ヘッドである、請求項1乃至10のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、インクを吐出してインク液滴を形成し、記録を行うインクジェット記録装置に用いるインクジェット記録ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】

プリンタや複写機、ファクシミリ等のプリント装置では、画像情報に基づいて、紙やプラスチック薄板、あるいは布帛などのプリント媒体上にドットパターンからなる画像をプリントしていくように構成されている。

【0003】

かかるプリント装置は、そのプリント方式によってインクジェット方式、ワイヤドット方式、サーマル方式及びレーザビーム方式などに分けることができる。

【0004】

そのうち、インクジェット方式によるものは、プリントヘッドからプリント媒体上にインクを吐出してプリント（記録）を行うものであり、高精細な画像を高速でプリントすることができ、さらに、ノンインパクト方式であるため騒音が少なく、しかも多色のインクを使用してカラー画像をプリントするのが容易であるなどの利点を有している。インクジェット方式の中でも、特に、インクをヒータで膜沸騰させたときの発泡エネルギーによりインクをノズルから吐出するいわゆるバブルジェット方式が有効である。

【0005】

さらに、バブルジェットプリント方式は、高解像度および高速プリントを実現するために、高周波数で駆動をする必要がある。そこで、インクジェットプリントヘッドの吐出部からインクを吐出させた後に、吐出部へのインクの再充填を高速に行う必要がある。

【0006】

図13にバブルジェット方式のインクジェット記録ヘッドを示す。この図に示すようにバブルジェットプリントヘッドは基板101の上層に電気熱変換素子であるヒータ102を有する。そして基板101上には、ヒータ102上に位置する空間部であるインク発泡室103と、発泡室103からインクを所定の方向に吐出させるためのインク吐出ノズル104と、発泡室103にインク供給室105からインクを導くインク供給路106とを形成する平板状の流路構成部材107が設けられている。なお、本明細書では、発泡室103から、インク液滴をヘッド外部に吐出する開口である吐出口108までの間の部分をインク吐出ノズルと記述する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図13に示すようなバブルジェット方式においては、まず、インク吐出ノズル104よりインク滴を吐出した後は図13(a)に示すようにメニスカスが後退し、そのメニスカスが毛管力によって図13(b)に示すようにインク吐出ノズル104の先端まで復帰することにより、インクの再充填が行われる。その時に再充填を高速で行った場合には、図13(b)の矢印にあるような方向のインクの流速が早くなり、インク吐出ノズル104の先端に復帰した後、さらにその慣性で図13(c)に示すようにオーバーシュートすることが分かっている。

【0008】

そして、オーバーシュートした場合に、その時の流速が早ければ、吐出口108の周縁か

らインクが溢れることにより流路構成部材107表面の吐出口108周囲にインクが付着する現象が発生していた。この現象により、吐出時に付着インクに吐出するインクが引張られて吐出方向がずれたり、また、付着インクが大きい場合には吐出しない場合もあった。また、発明者が検討を行っていく中で、この付着現象は吐出面積が小さいほど発生し易いことが判明した。そこで、この現象に関して、吐出面積との関係を発明者が詳細に検討を行ったところ、吐出面積が小さいほど、オーバーシュートしたインクの保持できる量が少ないことから、溢れが発生しやすいことを突き止めた。すなわち、吐出を充填するインクの流速が同じ場合においても、吐出面積が小さいほど溢れが発生しやすいことがわかった。

10

【0009】

また、より液滴体積を減らしていった場合には、プリント媒体上の液滴ドット径が小さくなることにより、より高いプリント解像度になるが、プリント速度を維持したり、より上げるためには高周波数でのインク吐出が必要となる。しかしながら、より高い周波数でのインク吐出を可能とするためには、インク吐出ノズル先端の吐出口へと充填するインクの流速をより早くする必要がある、オーバーシュートによって、メニスカスが凸の場合の吐出と凹の場合の吐出とで吐出滴の体積が異なったり、主滴とサテライトの形状が異なることによりプリント媒体上のドット形状が乱れたりしていた。さらには、小液滴にする場合には、主滴とサテライトの体積バラツキによるドット形状の乱れはドット径が小さいだけに影響が大きかった。

20

【0010】

また、従来は、図14(a)に示すようにメニスカスMは、吐出口108において凹形状になっていたために、特に小液滴にする場合、吐出滴の体積が吐出口毎にばらついて、安定していなかった。

【0011】

また、インク吐出ノズル全体が逆テーパ形状のインクジェット記録ヘッドにおいては、インク吐出ノズルの開口径が吐出口に向かって広がっていくために発泡パワーによる流体の圧力が下がる傾向にあるので、吐出速度の低下や、インク吐出ノズルでのインクの流れの乱れが発生し吐出不安定になる問題があった。

【0012】

また、高速でのインク充填を行った場合には、吐出口でのメニスカスは水平に復帰するわけではなく、よりインク流路側からの横のインクの流れが大きいために、図14(b)に示すようにメニスカスMは傾いた状態で復帰していた。そのために、吐出直前のメニスカス状態が傾いて吐出特性が安定しないなどの弊害も考えられる。

30

【0013】

また、小液滴化するために、吐出面積を小さくするほど吐出方向への流抵抗が高くなり、時間を置いて吐出させた時にインク吐出ノズル内でのインクの蒸発によるインク粘度上昇が発生し、1発目の吐出が不吐になったり、着弾精度が悪化したりしていた。

【0014】

本発明は、上述したような従来技術の課題に鑑み、ノズルへのインク充填を行う場合の吐出口でのオーバーシュート現象を抑制し、吐出口に安定した状態のメニスカスを速やかに復帰させる構造を有するインクジェット記録ヘッドを提供することにある。

40

【0015】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するための第1の発明は、熱エネルギーにより液体に気泡を発生させるための複数の電気熱変換素子と、前記電気熱変換素子が配置された複数の発泡室と、前記各発泡室に液体を導くための複数の供給路と、前記各発泡室をヘッド外部に連通させる複数のノズルとを有するインクジェット記録ヘッドにおいて、前記ノズルは、液体の吐出方向に径が縮小している縮小部と、液体の吐出方向に径が前記縮小部を越えてからノズル先端まで広がっている広がり部とを有し、前記ノズルの先端まで前記液体が充填されることを特徴とする。

50

【0016】

このインクジェット記録ヘッドにおいて、前記縮小部と前記広がり部の間に径の変わらない部分があってもよい。

【0017】

第2の発明は、熱エネルギーにより液体に気泡を発生させるための複数の電気熱変換素子と、前記電気熱変換素子が配置された複数の発泡室と、前記各発泡室に液体を導くための複数の供給路と、前記各電気熱変換素子の配置面と交差する方向に前記各発泡室をヘッド外部に連通させる複数のノズルとを有するインクジェット記録ヘッドにおいて、前記ノズルは、液流を制御する流体制御部と、液体の吐出方向に径が前記流体制御部を越えてからノズル先端まで広がっている広がり部とを有することを特徴とする。

10

【0018】

上記の第1及び第2の発明においては、前記発泡室、前記供給路および前記ノズルを形成する基板の表面に撥水材が設けられており、前記ノズルの広がり部の、前記基板の垂線方向のノズル長さが、前記撥水材の厚みよりも厚いことが好ましい。

【0019】

さらに、前記基板の垂線に対する前記ノズルの広がり部の角度は液体と前記基板の接触角よりも小さいことが好ましい。前記基板の垂線に対する前記ノズルの広がり部の角度は30度以下であることが好ましい。さらに、前記ノズルの広がり部の、前記基板の垂線方向のノズル長さが1~5 μm であることが好ましい。

20

【0020】

第3の発明は、熱エネルギーにより液体に気泡を発生させるための複数の電気熱変換素子と、前記電気熱変換素子が配置された複数の発泡室と、前記各発泡室に液体を導くための複数の供給路と、前記各発泡室をヘッド外部に連通させる複数のノズルとを有するインクジェット記録ヘッドにおいて、前記ノズルの先端に張られるインクのメニスカスの径が前記ノズルの最小径よりも大きいことを特徴とする。

【0021】

第4の発明は、熱エネルギーにより液体に気泡を発生させるための複数の電気熱変換素子と、前記電気熱変換素子が配置された複数の発泡室と、前記各発泡室に液体を導くための複数の供給路と、前記各発泡室をヘッド外部に連通させる複数のノズルとを有するインクジェット記録ヘッドにおいて、前記ノズルは、液体の吐出方向に径が縮小している縮小部と、液体の吐出方向に径が前記縮小部を越えてからノズル先端まで広がっている広がり部とを有し、前記ノズルの先端の開口径でなく、ノズルの最小径によって吐出液滴の体積が決まることを特徴とする。

30

【0022】

上記の第1乃至第4の発明において、前記広がり部はドライエッチングで形成することが可能である。さらに、上記のインクジェット記録ヘッドは、前記気泡を大気に連通させてインクを吐出するインクジェット記録ヘッドであることが好ましい。

【0023】

本発明の最も好ましい態様は、インクジェット記録ヘッドのインクを吐出するノズルを、インク吐出方向に径が縮小している縮小部と、インク吐出方向に径が前記縮小部を越えてからノズル先端まで広がっている広がり部とを有する形状にし、前記ノズルの先端までインクが充填され、前記ノズルの先端にメニスカスが張られることである。また、ノズルの広がり部の形状においては、前記基板の垂線に対する前記ノズルの広がり部の角度をインクと前記基板の接触角よりも小さくすることが、ノズル先端にメニスカスが張る条件を満たすこととなる。

40

【0024】

このように、ノズルが上記の縮小部及び広がり部を有することにより、発泡後にノズルへインクを充填する時のインクの流速が遅くなりオーバーシュートの防止になる。その原理を説明する。ノズル内のメニスカスが凹形状になれば、ノズル先端の開口面の方にはメニスカスは行かなくなる。そして、メニスカスの曲率が小さいほどメニスカス力としては大

50

きくなりメニスカス復帰速度が高くなる。そこで、上記の縮小部及び広がり部を有することにより、ノズルへのインク充填時に、上記の縮小部と広がり部の間のノズル径が最小となった部分にてメニスカスの曲率が大きくなるので、ノズルに充填するインクの流速を、ノズルの先端に到達する直前で下げることができる。そのため、ノズル先端の吐出口でのオーバーシュート現象を抑制し、吐出口周辺へのインク溢れを防止するとともに、メニスカス振動が収束するまでの時間を短くすることができる。

【0025】

また、ノズル先端部での流速が下がることにより、吐出直前のメニスカス状態が傾くことを低減でき、吐出特性のバラツキに対して有効となる。

【0026】

また、ノズルの先端の開口径でなく、ノズルの最小径によって吐出液滴の体積が決まる、つまり、ノズル内の最小面積部分によって吐出量がほぼ決まることから、ノズル先端側の径を吐出方向に行くに従って広げたことにより、吐出液滴の体積を増やすことなくノズル先端の吐出口面積を広げることができる。このため、オーバーシュートした時のインクの保持量を増加させながら小液滴を吐出させることができる。

【0027】

さらに、ノズル先端からの蒸発による1発目の吐出が不吐になったり記録媒体への着弾精度が悪化したりする現象に関しても、ノズル先端の吐出口面積が増えた効果により、ノズル先端のインク粘度上昇が低減でき、従来の吐出性能よりも向上させることができる。

【0028】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0029】

(第1の実施形態)

図1は本発明の第1の実施形態によるインクジェット記録ヘッドの斜視図、図2は図1のA-A'線に沿った断面を示している。なお、本図およびこの他において、電気熱変換素子を駆動するための電氣的な配線等は図示していない。例えば、ガラス、セラミックス、プラスチックあるいは金属等からなる基板34が用いられる。基板34の材質は、本発明の本質ではなく、流路構成部材の一部として機能し、吐出エネルギー発生素子および、後述するインク流路、インク吐出口を形成する材料層の支持体として機能し得るものであれば、特に限定されるものではない。そこで、本形態では、S1基板(ウエーハ)を用いた場合で説明する。図2に示すように基板34の一面には、インク吐出に作用する熱エネルギー発生手段である電気熱変換素子1と、長細い矩形のインク供給口3とが形成されている。インク供給口3は基板4に形成された長溝状の貫通孔からなるインク供給室4の開口である。電気熱変換素子1は、インク供給口3の長手方向の両側にそれぞれ1列ずつ千鳥状に電気熱変換素子の間隔が600dpiのピッチで各列256個ずつ、2列で合計512個配列されている。さらに基板34の一面には流路構成部材7が設けられ、その上に吐出口プレート8が接合されている。流路構成部材7にはインク供給口3から供給するインクを各々の電気熱変換素子1上の発泡室2に導く複数のインク供給路5が形成されている。そして吐出口プレート8には、流路構成部材7の発泡室2を外部に連通するようにインク吐出ノズル9が形成されており、吐出口プレート7表面に露出するインク吐出ノズル9先端の開口がインク滴の吐出口26となっている。

【0030】

図3(a)は本実施形態のインクジェット記録ヘッドに形成された吐出部の正面図、同図(b)は同図(a)の吐出口及びインク流路を通して切断したときの断面図、同図(c)は同図(b)にてインクを吐出口まで充填した状態の断面図、同図(d)は同図(b)のインク吐出ノズルの変形例を示す断面図である。なお、図において吐出口プレート8は透明部材として示している。

【0031】

本発明の記録ヘッドでは、図3(b)～(d)に示すようにインク吐出ノズル9は、液体

の吐出方向に径が縮小している縮小部（流体制御部とも称す。）と、液体の吐出方向に径が前記縮小部を越えてからノズル先端まで広がっている広がり部（逆テーパ部とも称す。）とを有する。符号 9 a はノズル径が最小に絞られた絞り部 9 a を示す。より詳しくは、この絞り部 9 a を径の変極点とし、発泡室 2 側から変極点に向かうまでのノズル径はテーパ状に吐出方向に縮小し、変極点を境にして吐出方向にノズル径がテーパ状に広がっている。上記の流体制御部は発泡により発生するノズル内の流体の流れを吐出口方向へ集中させる働きがある。

【0032】

なお、図 2 に示したように吐出口プレートと流路構成部材が別部材ではなく同一部材になっているが、別部材でも同様の効果が得られる。また、電気熱変換素子 1 は $18\text{ }\mu\text{m}$ の正方形であり、インク流路 5 の高さは $10\text{ }\mu\text{m}$ 、流路構成部材を兼ねる吐出口プレート 8 の厚みは $10\text{ }\mu\text{m}$ 、ノズル開口径はインク吐出ノズル 9 の変極点である絞り部 9 a で直径 $7\text{ }\mu\text{m}$ である。

【0033】

また、インク吐出ノズル 9 の、絞り部 9 a を境にして吐出方向に向かう部分（逆テーパ部）に関しては、吐出口プレート 8 の垂線方向の深さが $3\text{ }\mu\text{m}$ 、インクの接触角が 30 度であることから吐出口プレート 8 の垂線からのテーパ角度は 20 度である。さらに、インク吐出ノズル 9 の、絞り部 9 a を境にして発泡室 2 側の部分（流体制御部）に関しても、吐出口プレート 8 の垂線からのテーパ角度は 20 度である。このように前記テーパ角度をインクと吐出口プレート部材との接触角より小さくすることにより、図 3 (c) に示すようにインクはインク吐出ノズルの先端まで充填される。つまり、ノズル先端までメニスカスが復帰する。そして、吐出口プレート 7 表面の吐出口 26 の径（ノズル先端の開口径）は直径で約 $9\text{ }\mu\text{m}$ となる。

【0034】

本形態においては、電気熱変換素子 1 によりインクを膜沸騰させたときの発泡がインク吐出ノズル 9 を通って大気と連通する吐出方式（いわゆるバブルスルー方式）となっている。

【0035】

このような吐出部のインクジェット記録ヘッドにおいて発明者が詳細に検討を行ったところ、本発明のノズル形状によれば、発泡時にインク吐出ノズル 9 の吐出口から吐出される液滴体積は、ノズル先端の開口径（吐出口径）でなく、ノズルの最小径（絞り部 9 a の径）によって決まることが確認された。また、上記の寸法にてノズル先端側の一部のみを逆テーパ部としたことで、インクの発泡によって吐出に必要な流体の圧力が十分上がった後に逆テーパ領域になるので吐出の不安定性がなく安定な吐出が得られた。

【0036】

また、インク吐出ノズル 9 へのインク再充填時のメニスカスのオーバーシュート現象の観察において、図 13 に示した従来のノズル形状ではノズル先端の吐出口 26 から突出する凸形状のメニスカスがはっきりと観察できたのに対し、本実施形態のノズル形状ではほとんど分からなかった。

【0037】

実際には、図 4 に示すように同図 (a) で最大発泡になり、同図 (b) 及び (c) においてはノズル先端に向けてインク充填のためにメニスカスが復帰している。特に図 4 (b) においてはインクと吐出口プレート 8 の材料との接触角からメニスカスの曲率が小さくなり毛管力が大きく、さらに図 4 (c) ではメニスカスの曲率が小さくなり毛管力が小さくなっている。このようなインク充填のためにメニスカスが復帰する過程において、インク吐出ノズル 9 の絞り部 9 a にてメニスカスの曲率が大きくなるので、インク吐出ノズル 9 に充填するインクの流速を、インク吐出ノズル 9 の先端に到達する直前で下げることできる。そのため、ノズル先端の吐出口 26 でのオーバーシュート現象を抑制し、吐出口 26 周辺へのインク溢れを防止するとともに、メニスカス振動が収束するまでの時間を短くすることができた。また、ノズル先端部での流速が下がることにより、吐出直前のメニス

カス状態が傾くことを低減できた。従来のインクジェット記録ヘッドでは30kHz駆動でインク溢れが発生したのに対し、60kHz駆動においてもインク溢れの発生を抑制することができ、良好な吐出特性を得られた。

【0038】

また、本実施形態では、インク吐出ノズル9の発泡室側から絞り部9aまでの部分（流体制御部）のノズル深さを7 μ mとしたが、これを5 μ mとして上記の逆テーパ部を3 μ mとし、図3（d）に示すようにノズル径の変わらない直線部9bを2 μ m程度設けた形状においても、同様な効果が得られた。

【0039】

（第2の実施形態）

10

図5（a）は本発明の第2の実施形態のインクジェット記録ヘッドの吐出部において吐出口及びインク流路を通して切断したときの断面図、同図（b）は同図（a）のインク吐出ノズル先端付近の拡大図、同図（c）は同図（a）のインク吐出ノズルの変形例を示している。以下では第1の実施形態と異なる点を主に説明する。

【0040】

本実施形態においても、図5（a）および（c）に示すようにインク吐出ノズル9は、液体の吐出方向に径が縮小している縮小部（流体制御部とも称す。）と、液体の吐出方向に径が前記縮小部を越えてからノズル先端まで広がっている広がり部（逆テーパ部とも称す。）とを有する。符号9aはノズル径が最小に絞られた絞り部9aを示す。より詳しくは、この絞り部9aを径の変極点とし、発泡室2側から変極点に向かうまでのノズル径は吐出方向に向かって縮小し、変極点を境にして吐出方向にノズル径がテーパ状に広がっている。しかし、第1の実施形態と比べて、インク吐出ノズル9の、発泡室2側から変極点に向かうまでの部分（流体制御部）の形状が異なっている。

20

【0041】

本形態ではインク吐出ノズル9の発泡室2側の開口径が、インク吐出ノズル9の先端の開口径（吐出口プレート7表面の吐出口26の径）に比べて大きく形成されている。インク吐出ノズル9の流体制御部の深さが厚さ7 μ mであり、流体制御部の発泡室2側の開口径を20 μ mで図5（a）に示すような流体制御部のテーパ角度を吐出口プレート8の垂線に対して20度に行っているために、流体制御部の吐出口プレート表側の開口径は15 μ mである。さらに、インク吐出ノズル9の、絞り部9aを境にして吐出方向に向かう部分（逆テーパ部）は、深さが3 μ mで、この逆テーパ部のテーパ角度は吐出口プレート8の垂線に対して20度で形成されている。

30

【0042】

また、図5（b）に示すように吐出口プレート8表面には撥水処理がされており、プレート表面に処理された撥水材10の膜厚は0.5 μ mである。この撥水処理では、吐出口プレート表面にされているために、ノズル先端の内側部分にもその厚みだけ撥水領域がある。

【0043】

このような構成において、吐出口プレート8における逆テーパ部分の厚みは撥水材10の厚みよりも大きくなければ、逆テーパ部にインクが復貼してこないために、厚みを3 μ mとしている。

40

【0044】

図5に示すように流体制御部と逆テーパ部の側壁が成すエッジ角度が第1の実施形態と比較して大きいことにより、流体制御部から逆テーパ部に液体が移動するときに、流速が第1の実施形態よりも急に低下することになるので、第1の実施形態よりも大きな効果が得られた。

【0045】

本発明者の検討においては、吐出ノズル先端が逆テーパでない従来形状では、吐出ノズル先端部への再充填に約1 μ sの時間がかかったのが観察されたのに対し、本発明のノズル形状では約2 μ sの時間をかけることができ、約1/2の流速に下げることができた。こ

50

のように、吐出ノズル先端にのみ逆テーパ形状を形成することにより、吐出ノズル先端までインクを再充填する時間の全体のうちの最後の数 μs のみの時間を遅らせるだけで、メニスカスの復帰速度を下がることことができる。

【0046】

また、本実施形態では、インク吐出ノズル9における流体制御部のノズル深さを $7\mu m$ としたが、これを $5\mu m$ として上記の逆テーパ部を $3\mu m$ とし、図5(d)に示すようにノズル径の変わらない直線部9bを $2\mu m$ 程度設けた形状においても、同様な効果が得られた。

【0047】

(第3の実施形態)

10

図6は本発明の第3の実施形態のインクジェット記録ヘッドの吐出部付近をインク流路に沿って切断した断面図である。この図に示す形態においては、基本構成は第2の実施形態と同様であるが、異なる点は、逆テーパ部のテーパ角度を吐出口プレート8の垂線に対し 26 度に設定して、インクと吐出口プレートとの接触角である 30 度により近づけた。このように構成することにより、吐出ノズル先端で張られた吐出前のメニスカス形状において、凹形状が軽減され、吐出ノズル毎のメニスカス形状も安定し、吐出体積のバラツキも軽減した。

【0048】

(その他の実施形態)

20

以上のように構成されたインクジェット記録ヘッドの吐出部の製造方法について図7～図11を参照して簡単に説明する。なお、図8～図11は便宜上、製造工程を分けて示しており、各工程は図の順番に連続している。

【0049】

上述した構成のインクジェット記録ヘッドの製造方法は、電気熱変換素子1および電気配線等が形成された素子基板34を形成する第1の工程と、素子基板34上にインクの供給路、発泡室およびインク吐出ノズルを構成する上樹脂層42および下樹脂層41をそれぞれ形成する第2の工程と、上樹脂層41にインク吐出ノズルの一部となる所望のパターンを形成し、この樹脂層パターンの側面に傾斜を形成する第3の工程と、下樹脂層42に発泡室およびインク供給路となる所望のパターンを形成する第4の工程とを経る。

30

【0050】

また、この記録ヘッドの製造方法は、上樹脂層42および下樹脂層41の上に吐出口プレート8となる被覆樹脂層43を形成する第5の工程と、被覆樹脂層43に前記インク吐出ノズルの残りの部分を形成する第6の工程と、素子基板34にインク供給室4となる貫通孔を形成する第7の工程と、上樹脂層42および下樹脂層41を溶出する第8の工程とを経てインクジェット記録ヘッドを製造する。なお、このインクジェット記録ヘッドは図2に示した構造と同様であるが、吐出口プレートが流路構成部材とは別部材ではなく、流路構成部材と同一部材で構成されたものとなっている。

【0051】

第1の工程は、例えばSiチップ上にパターンニング処理等により複数の電気熱変換素子1としてのヒータおよびこれらヒータに電圧を印加するための所定の配線を設けることにより素子基板34を形成する基板形成工程である。このとき、図8(a)に示すように、Si基板51の表面にはポリシリコン層52が所望のパターンで形成され、さらにメンブレイン膜53を介して高耐熱可塑性コーティング材である表面ポリエーテルアミド層54が所望のパターンで形成されている。また、Si基板51の裏面には酸化シリコン層55が形成され、さらに高耐熱可塑性コーティング材である裏面ポリエーテルアミド層56が所望のパターンで形成されている。

40

【0052】

第2の工程は、図7(a)及び(b)、図8(b)及び9(a)に示すように、素子基板34上に、波長が $330nm$ 以下の紫外光であるDeep-UV光(以下、DUV光と称する。)を照射することによって、分子中の結合が破壊されて溶解可能な下樹脂層42お

50

よび上樹脂層 41 を連続して、スピンコート法によりそれぞれ塗布する塗布工程である。この塗布工程は、下樹脂層 42 として、脱水縮合反応による熱架橋型の樹脂材を用いることで、上樹脂層 41 をスピンコート法によって塗布する際に、下樹脂層 42 と上層樹脂 41 の各樹脂層間で相互に溶解することが防止されている。

【0053】

下樹脂層 42 としては、例えばメタクリル酸メチル (MMA) とメタクリル酸 (MAA) をラジカル重合させて、ポリマー化させた 2 元共重合体 ($P(MMA-MAA) = 90:10$) をシクロヘキサノン溶媒で溶解した液を使用した。なお、 $P(MMA-MAA)$ は、 $[Poly(methyl methacrylate-methacrylic acid)]$ の略称である。また、上樹脂層 41 としては、例えばポリメチルイソプロペニルケトン (PMIPK) をシクロヘキサノン溶媒で溶解した液を使用した。下樹脂層 42 として使用した 2 元共重合体 ($P(MMA-MAA)$) は脱水縮合反応によって熱架橋膜を形成する。この脱水縮合反応は、 $180 \sim 200^\circ\text{C}$ で、30 分～2 時間加熱することにより、より強固な架橋膜を形成することができる。尚、この架橋膜は、溶媒不溶型になっているが、DUV 光などの電子線を照射することで、分解反応が起こり、低分子化が進み、電子線が照射した部分のみ、溶媒可溶性となる。

【0054】

本例では素子基板 34 上に下樹脂層 42 としての $P(MMA-MAA)$ をスピンコート法で塗布した後、 $P(MMA-MAA)$ を 200°C で 60 min 加熱した。さらに、下樹脂層 42 上に、上樹脂層 41 としての PMIPK (ODUR1010A) をスピンコート法で塗布した後、PMIPK (ODUR1010A) を 140°C で 10 min 加熱した。このとき、下樹脂層が熱架橋型レジストであるために、上樹脂層との相溶は起こらない。

【0055】

第 3 の工程は、図 7 (c) および図 9 (b) に示すように、波長 290 nm 付近の DUV 光を照射する露光装置 (不図示) を用いて、この露光装置に波長 260 nm 未満の DUV 光を遮断するフィルターを装着することで、 260 nm 以上のみを透過させる波長選択手段を用いて、波長が $260 \sim 330 \text{ nm}$ 付近の Near-UV 光 (以下、NUV 光と称する。) を照射させて、上樹脂層 41 をマスク 57 を介して露光し現像することによって、上樹脂層 41 にインク吐出ノズルの一部となる所望のパターンを形成するパターン形成工程である。

【0056】

この第 3 の工程は、上樹脂層 41 に所望のパターンを形成する際、上樹脂層 41 と下樹脂層 42 とは、波長 $260 \sim 330 \text{ nm}$ 付近の NUV 光に対する感度比が約 $40:1$ 以上の差であるため、下樹脂層 42 が感光されることなく、下樹脂層 42 である $P(MMA-MAA)$ が分解されることはない。また、下樹脂層 42 は、熱架橋膜であるために、上樹脂層 41 を現像時の現像液に溶解することもない。

【0057】

第 4 の工程は、図 7 (d) および図 9 (b) に示すように、現像してパターン形成を行った上樹脂層 41 を 140°C で 5～20 分加熱することで、この上樹脂層 41 の側面に $10 \sim 40^\circ$ の傾斜を形成することができる。この傾斜角度は、上記のように形成されたパターンの体積 (形状、膜厚) と、加熱温度及び時間と相関があり、上記の角度内で指定の角度に制御することができる。

【0058】

第 5 の工程は、図 7 (e) 及び (f) 並びに図 10 (a) に示すように、上述した露光装置で波長 $210 \sim 330 \text{ nm}$ の DUV 光を照射させて、ポジ型レジストである下樹脂層 42 をマスク 57 を介して露光し現像することによって、下樹脂層 42 に発泡室およびインク供給路となる所望のパターンを形成するパターン形成工程である。さらに、下樹脂層 42 に使用した $P(MMA-MAA)$ 材料は、解像力が高く、 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ 程度の厚さでも、側壁の傾斜角は、 $0 \sim 5^\circ$ 程度のトレンチ構造に形成することが可能である。

【0059】

また、必要であれば、下樹脂層 4 2 をパターンニング後に、120～140℃程度で、加熱することで、下樹脂層 4 2 の側壁にも更なる傾斜を形成することが可能である。

【0060】

第 6 の工程は、これまでの工程により発泡室及び吐出ノズルの一部を含む所望のパターンが形成され、かつ、D U V 光によって分子中の架橋結合が破壊されて溶解可能な上樹脂層 4 1 および下樹脂層 4 2 上に、図 1 0 (f) に示すように、吐出口プレートとなる透明な被覆樹脂層 4 3 を塗布する塗布工程である。

【0061】

第 7 の工程は、図 1 0 (f) に示すように、被覆樹脂層 4 3 上に撥水層 5 8 を塗布し、この撥水層 5 8 及び被覆樹脂層 4 3 に、露光装置（不図示）で U V 光を照射させて、吐出ノズル先端に相当する部分 5 9 を露光および現像して除去することにより、吐出口プレート 8 を形成する。この吐出口プレート 8 に形成するノズル先端部分 5 9 の側壁の傾斜は、液滴を素子基板 3 4 の主面に直交する平面に対し、なるべく 0° 付近で形成することが望ましい。また、0～10° 程度であれば、液滴の吐出特性について、大きな問題は発生しない。

【0062】

第 7 の工程は、図 1 1 (a) に示すように、吐出口プレート 8 を耐エッチング材で被覆して保護し、素子基板 3 4 の裏面に化学的なエッチング処理等を行うことによって、素子基板 3 4 にインク供給室 4 となる貫通孔を形成する。化学的なエッチング処理としては、例えば、強アルカリ溶液（K O H , N a O H , T M A H）を用いた異方性エッチング処理が適用される。

【0063】

第 8 の工程は、図 1 1 (b) に示すように、波長 330 nm 以下の D U V 光を素子基板 3 4 の主面側から被覆樹脂層 4 3 を透過させて照射することにより、素子基板 3 4 とオリフィス基板 8 との間に位置する、インク吐出ノズル 9 及びインク供給路 5 の型材である上樹脂層 4 1 , 下樹脂層 4 2 をそれぞれ溶出させる。これにより、吐出口 2 6 と発泡室 2 とを連通するインク吐出ノズル 9 に吐出方向に従ってノズル径を縮小した形状の流体制御部を有するチップが得られる。このチップをヒータを駆動するための配線基板（不図示）等と電気的な接続を行うことにより、インクジェット記録ヘッドが得られる。

【0064】

なお、上述したインクジェット記録ヘッドの製造方法によれば、D U V 光によって分子中の架橋結合が破壊されて溶解可能な上樹脂層 4 1 および下樹脂層 4 2 を、素子基板 3 4 の厚み方向に対して更に階層構造にすることによって、インク吐出ノズル 9 内に 3 段以上の段差状に形成された流体制御部を設けることが可能となる。例えば、上樹脂層 4 1 の更に上層側に、波長 400 nm 以上の光に感度を有する樹脂材料を用いて、多段階のノズル構造を形成することができる。

【0065】

本実施形態に係る記録ヘッドの製造方法は、基本的に特開平 4-10940 号公報、特開平 4-10941 号公報に開示されたインクジェット記録方法をインク吐出手段とする記録ヘッドの製造方法に準ずることが好ましい。これら各公報は、ヒータによって生じた気泡を外気に通気させる構成におけるインク滴吐出方法であり、例えば 5 p l 以下の微少量のインク滴を吐出することができるインクジェット記録ヘッドを開示している。

【0066】

また、インク吐出ノズル 9 先端の逆テーパ部の形成に関しては、図 1 0 に示した被覆樹脂層 4 3 の吐出口となる部分に対してドライエッチングを行うことで形成する。例えば図 1 2 に示すように、被エッチング膜 6 0 上に、逆テーパ部分を形成するドライエッチングのマスク 6 1 となるレジストパターンを被覆する。このレジストパターンの断面形状は、レジスト開口の上端部がその下端部より大きいテーパ形状である。このようなパターン形状のマスクを用いれば、ドライエッチングによりレジストテーパ部が後退していくことにより、被エッチング膜 6 0 に断面形状がテーパ状の穴が形成される。つまり、ドライエッチ

ングによって形成される穴の断面形状は、マスク61に用いるレジストパターンの断面形状同様、穴の上端部<穴の下端部 とすることができる。

【0067】

なお、上記のようなマスク61を形成するには、マスクパターンにポジレジストを使用し、露光時のフォーカスや現像条件を調節すれば、このポジレジストパターンの断面形状を、ポジレジスト開口の上端部<ポジレジスト開口の下端部となるような、テーパ形状を有する断面形状とすることが可能になる。

【0068】

【発明の効果】

以上説明したように本発明は、インクジェット記録ヘッドのインクを吐出するノズルを、インク吐出方向に径が縮小している縮小部と、インク吐出方向に径が前記縮小部を越えてからノズル先端まで広がっている広がり部とを有する形状にし、前記ノズルの先端までインクが充填され、前記ノズルの先端にメニスカスが張られる構成としたことにより、ノズルへのインク充填時に、上記の縮小部と広がり部の間のノズル径が最小となった部分にてメニスカスの曲率が大きくなるので、ノズルに充填するインクの流速を、ノズルの先端に到達する直前で下げることができる。

【0069】

そのため、ノズル先端の吐出口でのオーバーシュート現象が抑制されるため、吐出口周辺へのインク溢れによる吐出方向のずれや不吐が防止できる。さらに、オーバーシュート現象が抑制されたことで、メニスカス振動の振幅が小さくなりこの振動の収束時間が短くなるので、より高い周波数での駆動が可能になる。より小液滴化するために、より高周波数での吐出駆動が必要となってノズルへのインク充填速度が速くなっても、上記のようにメニスカス振動の収束が早いので、小液滴ヘッドにおいても安定した液滴体積で吐出が可能である。また、ノズル先端部での流速が下がることにより、吐出直前のメニスカス状態が傾くことを低減でき、吐出特性のバラツキに対して有効となる。

【0070】

また、ノズルの先端の開口径でなく、ノズルの最小径によって吐出液滴の体積が決まることから、ノズル先端側の径を吐出方向に行くに従って広げたことにより、吐出液滴の体積を増やすことなくノズル先端の吐出口面積を広げることができる。このため、オーバーシュートした時のインクの保持量を増加させながら小液滴を吐出させることができる。

【0071】

さらに、ノズル先端からの蒸発による1発目の吐出が不吐になったり記録媒体への着弾精度が悪化したりする現象に関しても、ノズル先端の吐出口面積が増えた効果により、ノズル先端のインク粘度上昇が低減でき、従来の吐出性能よりも向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態によるインクジェット記録ヘッドの斜視図である。

【図2】図1のA-A'線に沿った断面図である。

【図3】(a)は第1の実施形態のインクジェット記録ヘッドに形成された吐出部の正面図、同図(b)は同図(a)の吐出口及びインク流路を通して切断したときの断面図、同図(c)は同図(b)にてインクを吐出口まで充填した状態の断面図、同図(d)は同図(b)のインク吐出ノズルの変形例を示す断面図である。

【図4】第1の実施形態のインクジェット記録ヘッドの吐出部における発泡～インク充填のインク流れを示す断面図である。

【図5】(a)は第2の実施形態のインクジェット記録ヘッドの吐出部において吐出口及びインク流路を通して切断したときの断面図、同図(b)は同図(a)のインク吐出ノズル先端付近の拡大図、同図(c)は同図(a)のインク吐出ノズルの変形例を示す断面図である。

【図6】第3の実施形態のインクジェット記録ヘッドを吐出部及びインク流路を通して切断したときの断面図である。

【図7】本発明のインクジェット記録ヘッドの吐出部の製法例を説明するための工程図で

ある。

【図 8】本発明のインクジェット記録ヘッドの吐出部の製法例を説明するための工程図である。

【図 9】本発明のインクジェット記録ヘッドの吐出部の製法例を説明するための工程図である。

【図 10】本発明のインクジェット記録ヘッドの吐出部の製法例を説明するための工程図である。

【図 11】本発明のインクジェット記録ヘッドの吐出部の製法例を説明するための工程図である。

【図 12】本発明のインクジェット記録ヘッドのインク吐出ノズル先端の逆テーパ部分の形成例を示す工程図である。 10

【図 13】従来のインクジェット記録ヘッドの吐出部の構成、およびインク発泡～インク充填までのインク流れを示す断面図である。

【図 14】従来のインクジェット記録ヘッドの吐出口におけるメニスカスの状態を示す断面図である。

【符号の説明】

1 電気熱変換素子

2 発泡室

3 インク供給口

4 インク供給室

5 インク供給路

7 流路構成部材

8 吐出口プレート

9 吐出口ノズル

9 a 絞り部

9 b 直線部

10 撥水材

26 吐出口

34 素子基板

41 上樹脂層

42 下樹脂層

51 Si基板

52 ポリシリコン層

53 メンブレン膜

54 表面ポリエーテルアミド層

55 酸化シリコン層

56 裏面ポリエーテルアミド層

57 マスク

58 撥水層

59 吐出口となる部分

60 被エッチング膜

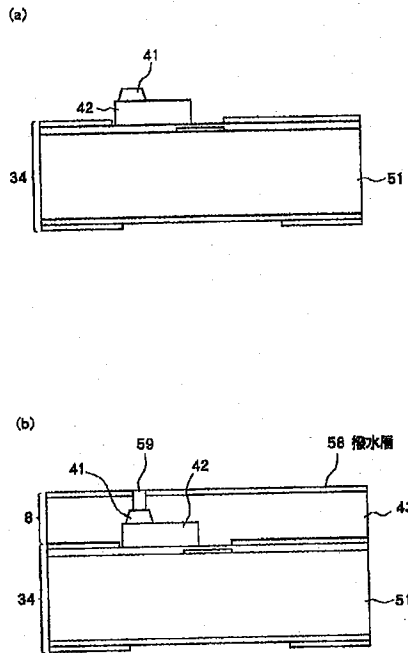
61 マスク

20

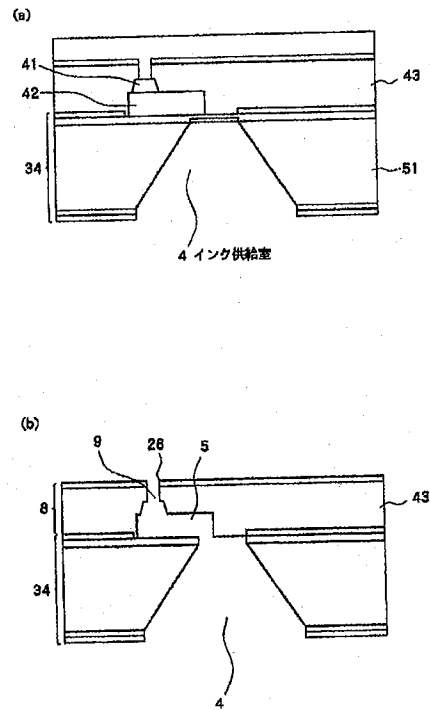
30

40

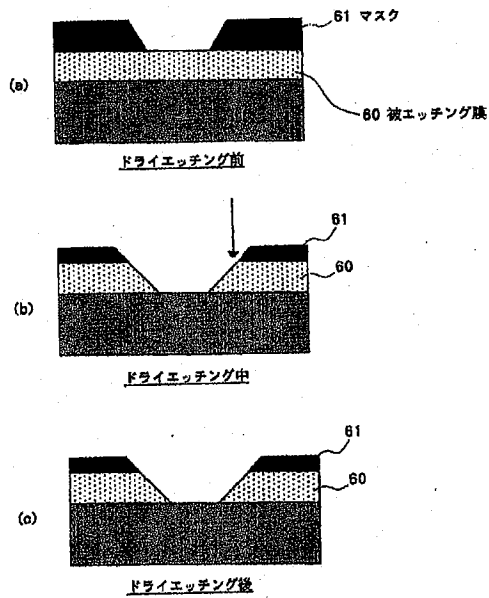
【図 10】



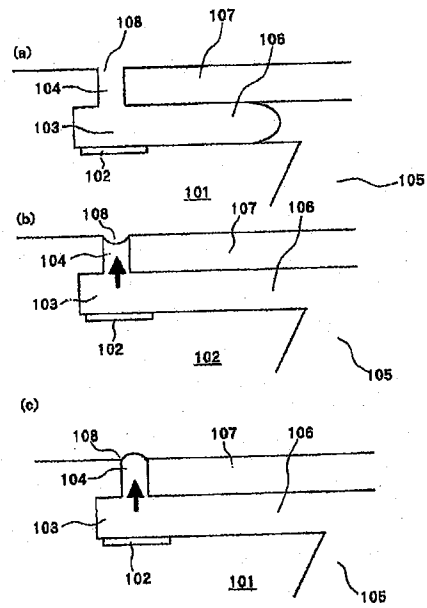
【図 11】



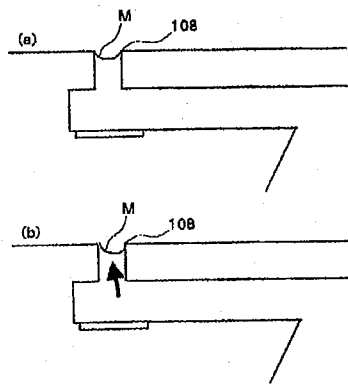
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2C057 AF01 AF41 AG02 AG04 AG30 AP12 AP13 AP32 AP60 BA04
BA13